



Fachbereich WD 5

**Grundlegende Konzepte des Technologie- und
Innovationsmanagements vor dem Hintergrund von
Zukunftstechnologien II**

Konzeptsteckbriefe zu Technologiereifegraden, -entstehung und
-diffusion

**Grundlegende Konzepte des Technologie- und
Innovationsmanagements vor dem Hintergrund von
Zukunftstechnologien II**

Konzeptsteckbriefe zu Technologiereifegraden, -entstehung und
-diffusion

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 097/26
Abschluss der Arbeit: 7. September 2026
Fachbereich: WD 5: Wirtschaft, Energie und Klima

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
2.	Technologische Entwicklungs- und Reifeperspektive	6
2.1.	Technology Readiness Levels (TLR)	6
2.1.1.	Alternative Bezeichnungen	6
2.1.2.	Verwendungskontext	6
2.1.3.	Kerngedanke	6
2.1.4.	Beschreibung	7
2.1.5.	Schlüsselbegriffe	9
2.1.6.	Quellen / Literatur	9
2.2.	Application Readiness Level und Systems Readiness Level	9
2.2.1.	Alternative Bezeichnungen	9
2.2.2.	Verwendungskontext	10
2.2.3.	Kerngedanke	10
2.2.4.	Beschreibung	10
2.2.5.	Schlüsselbegriffe	11
2.2.6.	Quellen / Literatur	12
2.3.	Technologielebenszyklus (speziell das Abernathy-Utterback-Modell)	12
2.3.1.	Alternative Bezeichnungen	12
2.3.2.	Verwendungskontext	12
2.3.3.	Kerngedanke	13
2.3.4.	Beschreibung	13
2.3.5.	Schlüsselbegriffe	14
2.3.6.	Quellen / Literatur	15
2.4.	Schrittmacher-, Schlüssel- und Basistechnologien	15
2.4.1.	Alternative Bezeichnungen	15
2.4.2.	Verwendungskontext	15
2.4.3.	Kerngedanke	15
2.4.4.	Beschreibung	15
2.4.5.	Schlüsselbegriffe	18
2.4.6.	Quellen / Literatur	18
2.5.	Technology S-Curve	18
2.5.1.	Alternative Bezeichnungen	18
2.5.2.	Verwendungskontext	19
2.5.3.	Kerngedanke	19
2.5.4.	Beschreibung	19
2.5.5.	Schlüsselbegriffe	21
2.5.6.	Quellen / Literatur	21
2.6.	Sailing Ship Effect	22
2.6.1.	Alternative Bezeichnungen	22
2.6.2.	Verwendungskontext	22
2.6.3.	Kerngedanke	22
2.6.4.	Beschreibung	22
2.6.5.	Schlüsselbegriffe	24
2.6.6.	Quellen / Literatur	24

2.7.	Standard-Setting und Dominantes Design	24
2.7.1.	Alternative Bezeichnungen	24
2.7.2.	Verwendungskontext	24
2.7.3.	Kerngedanke	25
2.7.4.	Beschreibung	25
2.7.5.	Schlüsselbegriffe	26
2.7.6.	Quellen / Literatur	26
2.8.	Lock-in Effekte und Wechselkosten	26
2.8.1.	Alternative Bezeichnungen	26
2.8.2.	Verwendungskontext	27
2.8.3.	Kerngedanke	27
2.8.4.	Beschreibung	27
2.8.5.	Schlüsselbegriffe	29
2.8.6.	Quellen / Literatur	29
3.	Adoptions- und Diffusionsperspektive	29
3.1.	Innovationsdiffusion (Technology Adoption Curve)	29
3.1.1.	Alternative Bezeichnungen	29
3.1.2.	Verwendungskontext	30
3.1.3.	Kerngedanke	30
3.1.4.	Beschreibung	30
3.1.5.	Schlüsselbegriffe	31
3.1.6.	Quellen / Literatur	31
3.2.	Crossing the Chasm	32
3.2.1.	Alternative Bezeichnungen	32
3.2.2.	Verwendungskontext	32
3.2.3.	Kerngedanke	32
3.2.4.	Beschreibung	32
3.2.5.	Schlüsselbegriffe	33
3.2.6.	Quellen / Literatur	34
3.3.	Technology Acceptance Model	34
3.3.1.	Alternative Bezeichnungen	34
3.3.2.	Verwendungskontext	34
3.3.3.	Kerngedanke	34
3.3.4.	Beschreibung	34
3.3.5.	Schlüsselbegriffe	35
3.3.6.	Quellen / Literatur	36
3.4.	Gartner Hype Cycle	36
3.4.1.	Alternative Bezeichnungen	36
3.4.2.	Verwendungskontext	36
3.4.3.	Kerngedanke	36
3.4.4.	Beschreibung	36
3.4.5.	Schlüsselbegriffe	38
3.4.6.	Quellen / Literatur	39

1. Einleitung

Zukunfts- und Schlüsseltechnologien¹ haben eine hohe strategische Bedeutung für Wettbewerbsfähigkeit, technologische Souveränität, Transformation und gesellschaftliche Problemlösungsfähigkeit. Vor diesem Hintergrund behandelt eine Publikationsreihe der Wissenschaftlichen Dienste in sieben Arbeiten unterschiedliche Aspekte wichtiger Zukunfts- und Schlüsseltechnologien.

Die ersten vier Arbeiten sind als Dokumentationen angelegt und schaffen eine begriffliche und konzeptionelle Grundlage. Sie bereiten zentrale Konzepte, Theorien, Modelle und Ansätze auf, auf die Leserinnen und Leser bei der Auseinandersetzung mit Zukunfts- und Schlüsseltechnologien regelmäßig stoßen. Diese vier Dokumentationen stehen unter dem übergreifenden Titel „Grundlegende Konzepte des Technologie- und Innovationsmanagements vor dem Hintergrund von Zukunftstechnologien“.

Die **vier Konzeptdokumentationen** setzen unterschiedliche Schwerpunkte:

- Die erste Arbeit behandelt grundlegende Technologiebegriffe und Technologietypen und dient insbesondere der begrifflichen Klärung (WD 5-037/26).
- Die zweite Arbeit stellt Konzepte zu Technologiereifegraden, Technologieentstehung und Diffusion dar (WD 5-097/26).
- Die dritte Arbeit widmet sich Innovationsarten und ihren Wirkungslogiken (WD 5-098/26).
- Die vierte Arbeit behandelt organisationale Fähigkeiten, Strategien und Geschäftsmodelle, die für den Umgang mit technologischer Veränderung und innovationsgetriebener Transformation bedeutsam sind (WD 5-099/26).

Darauf aufbauend untersuchen **drei weitere Arbeiten**, die detaillierter Methoden und Ergebnisse von Identifikations- und Priorisierungsprozessen bei Zukunfts- und Schlüsseltechnologien untersuchen:

- Die erste dieser Arbeiten gibt einen Überblick darüber, wie Zukunfts- und Schlüsseltechnologien durch Methoden der strategischen Vorausschau (Foresight) erkannt werden können (WD 5-100/26).
- Die zweite Arbeit untersucht, wie Zukunfts- und Schlüsseltechnologien anhand unterschiedlicher Bewertungsansätze priorisiert werden (WD 5-101/26).

1 Im Folgenden werden Begriffe wie Zukunftstechnologien, Schlüsseltechnologien oder Emerging Technologies – wie auch in der breiten politischen und wirtschaftlichen Debatte – weitgehend synonym verwendet. Für eine **kompakte Beschreibung** der einzelnen Fachbegriffe siehe Wissenschaftliche Dienste (2026), Grundlegende Konzepte des Technologie- und Innovationsmanagements vor dem Hintergrund von Zukunftstechnologien I – Konzeptsteckbriefe zu Technologiebegriffen und -typen, WD 5-037/26. Für eine **Analyse der Verwendung** der Technologiebegriffe siehe Wissenschaftliche Dienste (2026), Zukunftstechnologien identifizieren und priorisieren II – Strukturierung und Kategorisierung von Technologiefeldern, WD 5-102/26.

-
- Die dritte Arbeit leitet empirisch aus 16 Studien und Berichten ab, wie Prioritätenlisten von Zukunfts- und Schlüsseltechnologien strukturiert und kategorisiert werden (WD 5-102/26).

Die **vier genannten Dokumentationen** beinhalten eine Vielzahl standardisiert aufgebauter Konzeptsteckbriefe. Diese erläutern jeweils Kerngedanke, Verwendungskontext, zentrale Elemente, Erklärungskraft und einschlägige Literatur relevanter Technologiekonzepte. Sie dienen nicht der abschließenden Diskussion einzelner Forschungsstränge, sondern der kompakten Einordnung grundlegender Konzepte für Technologie- und Innovationsmanagement, Technologietransfer, Innovationspolitik, Unternehmensstrategie und Kommerzialisierung.

Die **hier vorliegende Dokumentation** behandelt **Konzepte, mit denen Entstehung, Entwicklung, Reife, Bewertung und Verbreitung von Technologien** beschrieben werden. Im Mittelpunkt stehen Ansätze, die technologische Entwicklungsprozesse über Zeit erfassbar machen – von frühen Forschungs- und Entwicklungsphasen über Reifegradmodelle bis hin zu Diffusion, Adoption und Marktdurchdringung. Diese Konzepte sind relevant, um einzuschätzen, wie weit eine Technologie entwickelt ist, welche Unsicherheiten bestehen und unter welchen Bedingungen sie in Anwendung, Transfer und Kommerzialisierung übergehen kann.

2. Technologische Entwicklungs- und Reifeperspektive

2.1. Technology Readiness Levels (TLR)

2.1.1. Alternative Bezeichnungen

- Technologie-Reifegrade
- Technological Readiness Levels
- Technology Maturity Levels
- Reifegradmodell für Technologien

2.1.2. Verwendungskontext

- Innovations- und Wirtschaftspolitik
- Technologiemanagement & -transfer

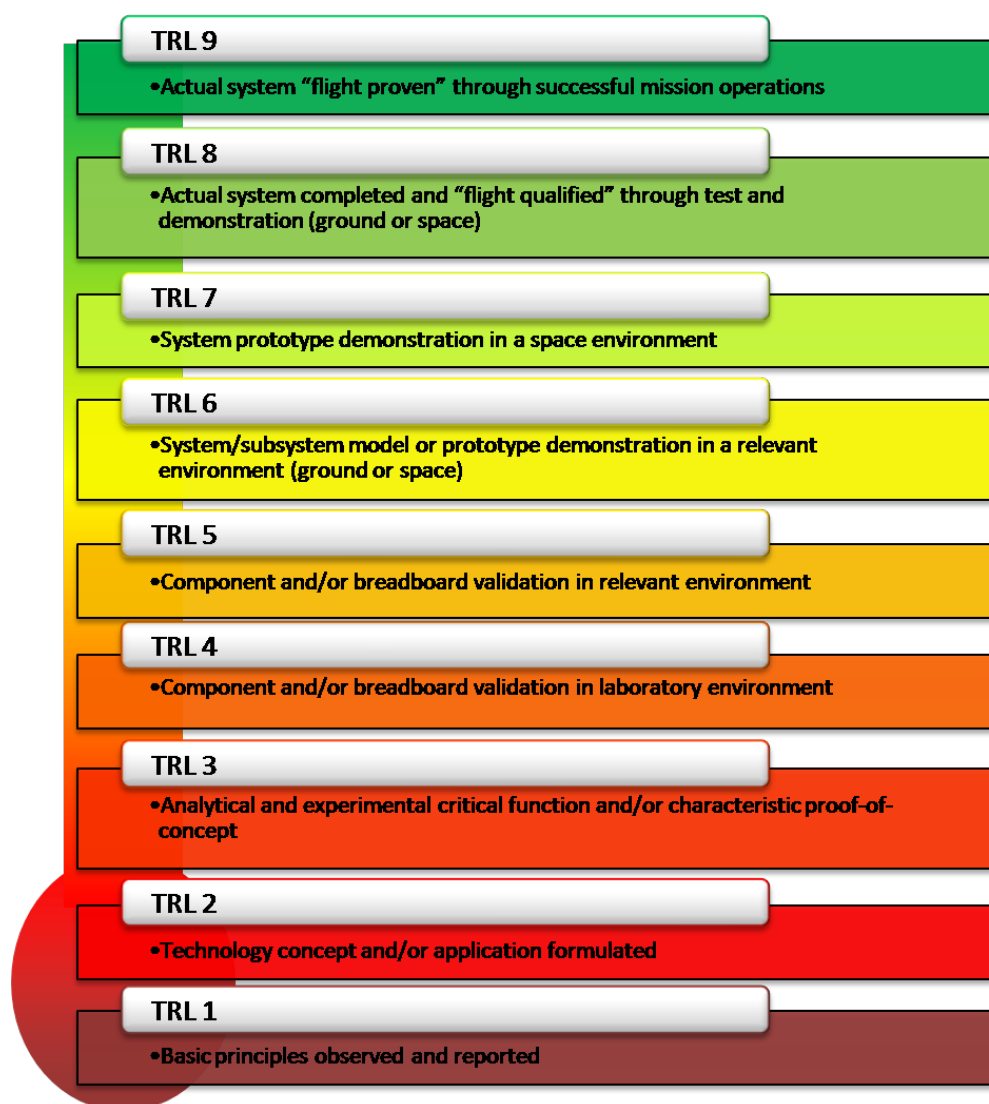
2.1.3. Kerngedanke

Technology Readiness Levels beschreiben den Reifegrad einer Technologie entlang einer Skala von grundlegenden Prinzipien bis zum nachgewiesenen Einsatz unter realen Bedingungen und schaffen damit eine gemeinsame Bewertungsgrundlage für Entwicklungs-, Förder- und Investitionsentscheidungen.

2.1.4. Beschreibung

Das Konzept der Technology Readiness Levels wurde ursprünglich von der NASA entwickelt und adressiert die Frage, wie weit eine Technologie von der wissenschaftlichen Idee bis zur praktischen Anwendung entwickelt ist. Es dient dazu, technische Reife systematisch zu beschreiben, vergleichbar zu machen und in Entwicklungs-, Beschaffungs-, Förder- oder Transferprozessen als Entscheidungsgrundlage zu nutzen. Besonders verbreitet ist der Ansatz bei der Übersetzung von Grundlagenforschung in anwendungsnahe Entwicklungen und marktfähige Technologien, da er die einzelnen Schritte zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und praktischem Einsatz transparent macht.

Mittlerweile wurden TLR für verschiedenste Industrien und Technologiefelder adaptiert und konkretisiert. Charakteristisch ist eine gestufte Skala, meist von TRL 1 bis TRL 9. Niedrige Stufen beziehen sich auf beobachtete Grundprinzipien, konzeptionelle Arbeiten und erste Machbarkeitsnachweise. Mittlere Stufen beschreiben Validierung und Demonstration in Labor- oder relevanten Einsatzumgebungen. Hohe Stufen stehen für Prototypen, Systemdemonstrationen und den erfolgreichen Einsatz unter realen Bedingungen. Entscheidend ist nicht nur der technische Fortschritt an sich, sondern der Nachweis, in welcher Umgebung und mit welchem Integrationsgrad eine Technologie funktioniert.

Abbildung 1: Technology Readiness Levels²

Mit dem Konzept lässt sich erklären, warum vielversprechende Forschungsergebnisse nicht automatisch einsatzfähige Innovationen sind. Zwischen wissenschaftlicher Machbarkeit, technischer Robustheit, Systemintegration, Skalierung und operativem Einsatz liegen unterschiedliche Reife- und Risikostufen. TRL helfen, diese Übergänge sichtbar zu machen und Entwicklungsbedarfe präziser zu benennen. Es besteht ein enger Zusammenhang mit Transfer von Grundlagenforschung in die Anwendung.

Das TRL-Konzept unterstützt vor allem Portfolioentscheidungen, Roadmapping, Förderlogiken, Beschaffung, Technologietransfer und Risikobewertung. Das Konzept ist jedoch kein vollständiges Innovationsbewertungsmodell: Es bewertet primär technische Reife, nicht automatisch

2 <https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/>

Marktattraktivität, Nutzerakzeptanz, regulatorische Passfähigkeit, Produktionsreife oder Geschäftsmodellfähigkeit. Daher wird es häufig mit ergänzenden Reifegrad- und Bewertungsansätzen kombiniert.

2.1.5. Schlüsselbegriffe

- Technologiereife
- Reifegradskala
- Validierung
- Demonstration
- Systemintegration

2.1.6. Quellen / Literatur

1. NASA (2017), Technology Readiness Level Definitions, https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2017/12/458490main_trl_definitions.pdf?emrc=da53fb.
2. Mankins, J. C. (1995 aktualisiert 2004), Technology Readiness Levels: A White Paper, Advanced Concepts Office, Office of Space Access and Technology, NASA, http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf.
3. Héder, M. (2017), From NASA to EU: The Evolution of the TRL Scale in Public Sector Innovation, The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal, 22(2), S. 1–23.
4. Salvador-Carulla, L., Woods, C., de Miquel, C., & Lukersmith, S. (2024), Adaptation of the technology readiness levels for impact assessment in implementation sciences: The TRL-IS checklist, Heliyon, 10(9).

2.2. Application Readiness Level und Systems Readiness Level

2.2.1. Alternative Bezeichnungen

- ARL und SRL
- Application Readiness Levels
- System Readiness Levels
- Anwendungs- und Systemreifegrade
- Erweiterte Reifegradmodelle

2.2.2. Verwendungskontext

- Managementforschung
- Startup- und Venture-Capital-Umfeld
- Innovations- und Wirtschaftspolitik
- Technologiemanagement & -transfer

2.2.3. Kerngedanke

Application Readiness Level und Systems Readiness Level erweitern die Bewertung technischer Reife, indem sie Anwendungskontext, Nutzerintegration, Systemintegration und operative Einsatzfähigkeit systematisch erfassen.

2.2.4. Beschreibung

Application Readiness Level und Systems Readiness Level sind ergänzende Reifegradmodelle zu Technology Readiness Levels. Beide Ansätze adressieren eine Grenze klassischer TRL-Bewertungen: Eine Technologie kann technisch weit entwickelt sein, ohne bereits in einem konkreten Anwendungskontext nutzbar oder in ein komplexes System belastbar integrierbar zu sein.

Application Readiness Level wurden im NASA Applied Sciences Program eingeführt. Der Ansatz sollte die Entwicklung geförderter Projekte nicht nur entlang technischer Machbarkeit verfolgen, sondern danach bewerten, wie weit eine Anwendung für konkrete Nutzer, Entscheidungsprozesse und operative Nutzung vorbereitet ist (siehe folgende Abbildung). ARL verschieben den Fokus von der Technologie als Objekt zur Anwendung als Nutzungssystem. Bewertet werden unter anderem Problemverständnis, Anwenderanforderungen, Validierung im Nutzungskontext, Einbindung von Stakeholdern, Implementierung und Übergang in dauerhafte Nutzung.

Abbildung 2: Application Readiness Level³

Systems Readiness Level wurden im Umfeld des US-Verteidigungsministeriums als Methode entwickelt, um den Fortschritt bei der Entwicklung komplexer militärischer Systeme zu bewerten. Der Ansatz baut auf den Technology Readiness Levels auf und erweitert diese um Integration Readiness Levels, die den Reifegrad der notwendigen Integration zwischen den einzelnen Technologien eines Systems erfassen. Der Ansatz entstand, weil TRL zwar die Reife einzelner technischer Elemente erfassen, aber die Reife ihrer Integration in ein Gesamtsystem nur begrenzt abbilden. Entscheidend ist nicht nur, ob Komponenten technisch funktionieren, sondern ob ihre Schnittstellen, Abhängigkeiten und Wechselwirkungen im System beherrscht werden.

Gemeinsam machen ARL und SRL sichtbar, dass Innovations- und Transferprozesse mehr umfassen als technische Entwicklung. ARL adressieren die Passung zwischen Lösung, Anwendung und Nutzerpraxis; SRL adressieren die Passung zwischen Komponenten, Architektur und Gesamtsystem. In Kombination helfen beide Ansätze, Übergänge von Forschung zu Anwendung, von Prototyp zu Einsatzlösungen und von Einzeltechnologie zu Systemlösung präziser zu bewerten.

2.2.5. Schlüsselbegriffe

- Anwendungsreife

³ https://www.researchgate.net/figure/NASA-application-readiness-level-scale-Available-online-at_fig1_336365790

- Systemreife
- Integrationsreife
- Nutzungskontext
- Operative Einsatzfähigkeit

2.2.6. Quellen / Literatur

1. NASA Applied Sciences Program (2013), The Application Readiness Level Metric, NASA, https://above.nasa.gov/meeting_jan2017/docs/thur/1145_Larson_ASTM3%20EKL%20copy.pdf.
2. Knaggs, M., Ramsey, J., Unione, A., Harkreader, D., Oelfke, J., Keairns, D., & Bender, W. (2015), Application of systems readiness level methods in advanced fossil energy applications. *Procedia Computer Science*, 44, 497-506.
3. Sauser, B.; Ramirez-Marquez, J. E.; Henry, D.; DiMarzio, D. (2008), A System Approach to Expanding the Technology Readiness Level within Defense Acquisition, *International Journal of Defense Acquisition Management*, 1, S. 39–58.

2.3. Technologielebenszyklus (speziell das Abernathy-Utterback-Modell)

2.3.1. Alternative Bezeichnungen

- Technology Life Cycle
- Technologischer Lebenszyklus
- Model of Technological Change
- Abernathy-Utterback-Modell
- Dynamic Model of Product and Process Innovation

2.3.2. Verwendungskontext

- Managementforschung
- Unternehmensberatung
- Innovations- und Wirtschaftspolitik

2.3.3. Kerngedanke

Der Technologielebenszyklus beschreibt, wie sich Technologien und Innovationsmuster von frühen, unsicheren Suchphasen über stabilere Entwicklungslogiken bis zu effizienzorientierten Reifephasen verändern.

2.3.4. Beschreibung

Das Konzept des Technologielebenszyklus beschreibt technologische Entwicklung als zeitlichen Verlauf, in dem sich Unsicherheit, Innovationsschwerpunkte, Wettbewerbslogiken und Organisationsanforderungen verändern. Es adressiert die Frage, warum frühe Technologiephasen häufig durch Vielfalt, Experimente und konkurrierende Lösungsansätze geprägt sind, während spätere Phasen stärker von Standardisierung, Effizienzsteigerung und inkrementeller Verbesserung bestimmt werden.

Eine besonders prägende Ausarbeitung ist das Abernathy-Utterback-Modell des technologischen Wandels (siehe folgende Abbildung). Es unterscheidet typischerweise eine flüssige, eine Übergangs- und eine spezifische Phase. In der frühen, flüssigen Phase sind Produktkonzepte, Nutzeranforderungen und technische Architekturen noch offen; Innovationen betreffen vor allem Produkte und grundlegende Leistungsmerkmale. Mit der Herausbildung eines dominanten Designs stabilisieren sich zentrale technische Merkmale. Dadurch verschiebt sich der Innovationsfokus zunehmend von Produktvariation zu Prozessinnovation, Skalierung, Kostenreduktion, Qualitätssicherung und organisatorischer Routinen. In der spezifischen Phase ist die Technologie stärker ausgereift; Wettbewerb beruht dann häufiger auf Effizienz, Prozessbeherrschung und inkrementeller Verbesserung.

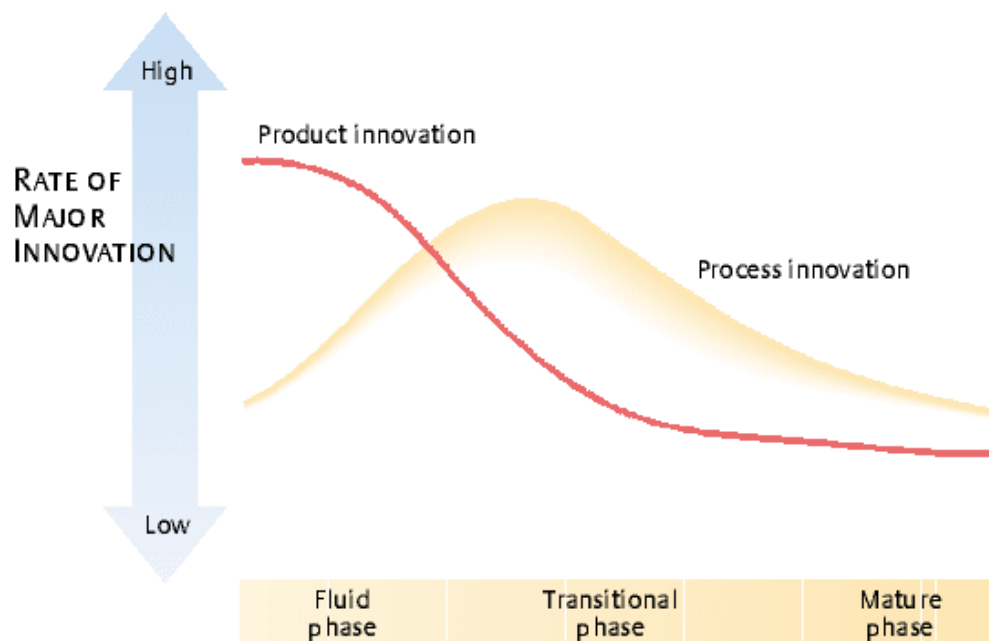


Abbildung 3: Abernathy-Utterback-Modell des technologischen Wandels⁴

Hier zeigt sich, dass Anforderungen an das Management je nach Entwicklungsstand einer Technologie unterschiedlich ausfallen. Frühe Phasen verlangen Suchfähigkeit, Experimentierbereitschaft und Offenheit gegenüber alternativen technischen Pfaden. Spätere Phasen erfordern Skalierungsfähigkeit, Prozesskompetenz, Investitionsdisziplin und die Beherrschung zunehmend ausgereifter Wertschöpfungsstrukturen.

Nicht nur Technologien reifen, sondern es verschieben sich auch Innovationslogiken, Wettbewerbspositionen und organisationale Fähigkeiten. Zugleich ist der Lebenszyklus kein deterministisches Ablaufmodell. Technologische Entwicklungsphasen können durch neue Durchbrüche, Regulierung, Komplementärtechnologien oder veränderte Nachfrage erneut geöffnet werden.

2.3.5. Schlüsselbegriffe

- Technologischer Wandel
- Technologische Reife
- Produktinnovation
- Prozessinnovation
- Standardisierung

⁴ Utterback (1994), *Mastering the Dynamics of Innovation*, Harvard Business School Press, zit. In <https://sloanreview.mit.edu/article/ally-or-acquire-how-technology-leaders-decide/>.

2.3.6. Quellen / Literatur

1. Utterback, J. M.; Abernathy, W. J. (1975), A Dynamic Model of Process and Product Innovation, *Omega*, 3(6), S. 639–656.
2. Abernathy, W. J.; Utterback, J. M. (1978), Patterns of Industrial Innovation, *Technology Review*, 80(7), S. 40–47.
3. Utterback, J. M. (1994), *Mastering the Dynamics of Innovation: How Companies Can Seize Opportunities in the Face of Technological Change*, Boston: Harvard Business School Press.
4. Anderson, P.; Tushman, M. L. (1990), Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change, *Administrative Science Quarterly*, 35(4), S. 604–633.

2.4. Schrittmacher-, Schlüssel- und Basistechnologien

2.4.1. Alternative Bezeichnungen

- Pacing, Key and Base Technologies
- Basis-, Schlüssel- und Schrittmachertechnologien
- Technologieklassifikation nach Wettbewerbspotenzial
- Strategische Technologietypen

2.4.2. Verwendungskontext

- Unternehmensberatung
- Innovations- und Wirtschaftspolitik
- Technologiemanagement & -transfer

2.4.3. Kerngedanke

Das Konzept unterscheidet Technologien danach, ob sie bestehende Leistungsfähigkeit absichern, gegenwärtige Wettbewerbsdifferenzierung ermöglichen oder künftige Entwicklungs- und Innovationspfade eröffnen.

2.4.4. Beschreibung

Das ursprüngliche Konzept aus den 80er Jahren beschreibt eine strategische Einordnung von Technologien nach ihrer aktuellen und potenziellen Bedeutung für Wettbewerb, Innovation und

technologische Entwicklung. Es setzt bei der Beobachtung an, dass Technologien in Organisationen und Märkten nicht dieselbe Funktion erfüllen. Manche Technologien bilden die selbstverständliche Grundlage bestehender Produkte und Prozesse. Andere prägen aktuelle Leistungsunterschiede zwischen Wettbewerbern. Wieder andere sind noch nicht ausgereift, können aber neue Suchrichtungen, Anwendungen oder Marktstrukturen vorbereiten.

Schrittmachertechnologien stehen früher im Entwicklungsprozess (siehe Abbildung 4). Ihre künftige Tragweite ist noch unsicher, sie können jedoch neue Innovationsräume eröffnen und sich später zu Schlüsseltechnologien entwickeln. Schlüsseltechnologien haben eine stärkere strategische Bedeutung, weil sie gegenwärtige Leistungs-, Kosten- oder Qualitätsvorteile ermöglichen und damit die Wettbewerbsposition beeinflussen. Basistechnologien sind etablierte Technologien, deren Beherrschung vorausgesetzt wird. Sie sichern Anschlussfähigkeit und operative Leistungsfähigkeit, begründen aber meist keine eigenständige Differenzierung mehr. Verdrängte Technologien werden zunehmend von neuen Schlüsseltechnologien substituiert.

Lebenszyklusphasen einer Technologie

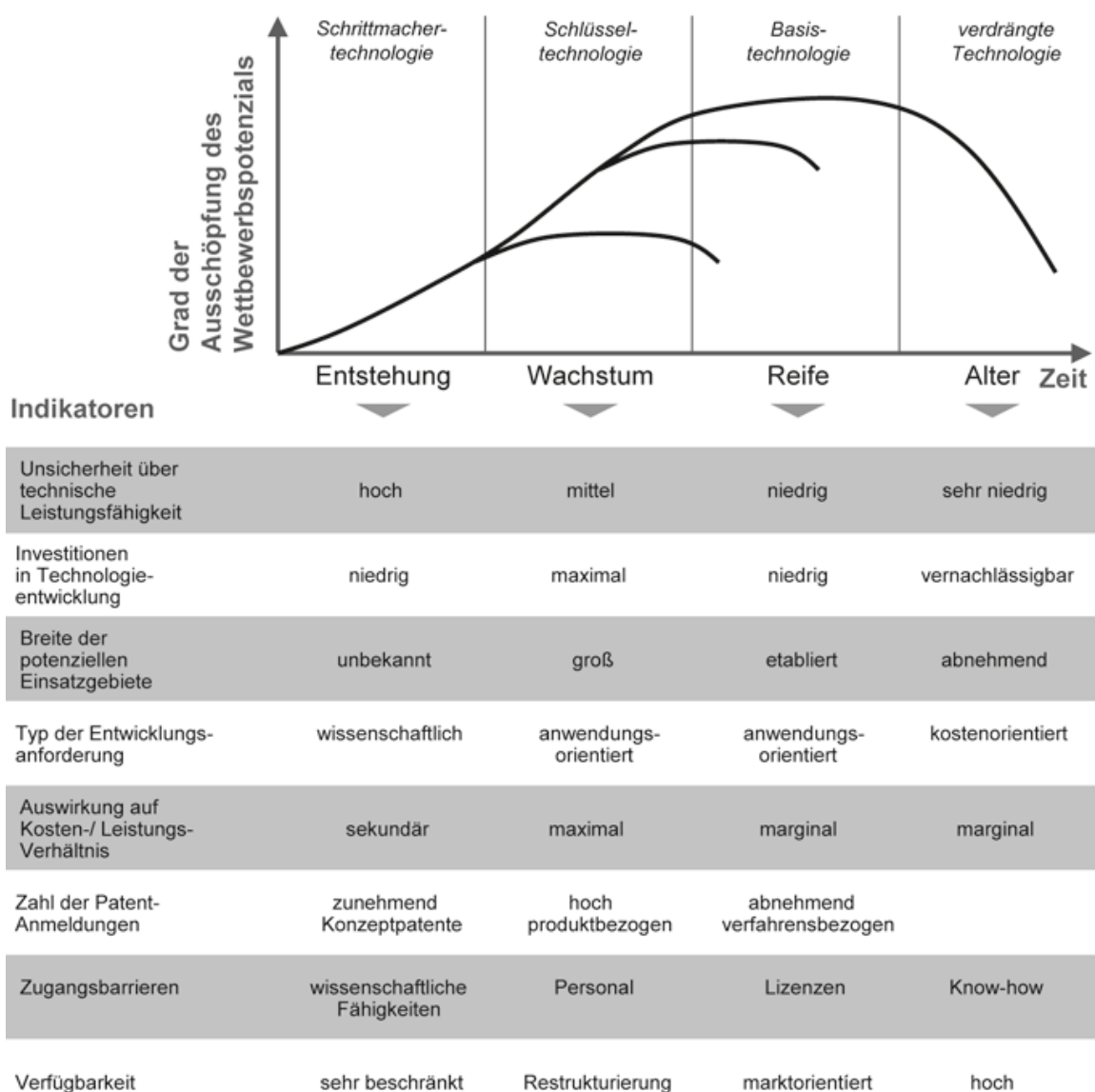


Abbildung 4: Technologielebenszyklus-Modell von Arthur D. Little⁵

Die Unterscheidung macht deutlich, dass Technologieentscheidungen unterschiedliche Zeithorizonte und Handlungslogiken erfordern. Etablierte Technologien müssen zuverlässig beherrscht und effizient genutzt werden. Strategisch bedeutsame Technologien verlangen gezielten Kompetenzaufbau und eine klare Positionierung im Wettbewerb. Frühphasige Technologien werden zunächst beobachtet, erprobt und auf ihr künftiges Potenzial hin bewertet. Damit bietet das Konzept eine Grundlage, um Technologiescouting, F&E-Priorisierung, Technologieportfolios und Ressourcenentscheidungen systematisch aufeinander zu beziehen.

⁵ Schuh, G., Klappert, S., Schubert, J., Nollau, S. (2010), Grundlagen zum Technologiemanagement. In: Schuh, G., Klappert, S. (Hrsg.) Technologiemanagement. VDI-Buch(). Springer, S. 46.

Der hier geprägte Begriff der „Schlüsseltechnologien“ hat sich jedoch in den letzten Jahren verschoben.⁶

2.4.5. Schlüsselbegriffe

- Technologiereife
- Wettbewerbspotenzial
- Technologieportfolio
- Strategische Differenzierung

2.4.6. Quellen / Literatur

1. Sommerlatte, T.; Deschamps, J.-P. (1985), „Der strategische Einsatz von Technologien“, in: Arthur D. Little International (Hrsg.), Management im Zeitalter der Strategischen Führung, Gabler, S. 39-76.
2. Specht, G.; Beckmann, C.; Amelingmeyer, J. (2002), F&E-Management, 2. Aufl., Schäffer-Poeschel.
3. Schuh, G.; Klappert, S. (2010), Technologiemanagement, VDI-Buch, Springer.
4. <https://de.wikipedia.org/wiki/Schrittmachertechnologie> .

2.5. Technology S-Curve

2.5.1. Alternative Bezeichnungen

- Technologie-S-Kurve
- Technological S-Curve
- S-Kurven-Modell technologischer Leistungsentwicklung
- Performance S-Curve

6 Siehe hierzu Wissenschaftliche Dienste (2026), Grundlegende Konzepte des Technologie- und Innovationsmanagements vor dem Hintergrund von Zukunftstechnologien I – Konzeptsteckbriefe zu Technologiebegriffen und -typen, WD 5-037/26.

-
- Technologieleistungskurve

2.5.2. Verwendungskontext

- Managementforschung
- Unternehmensberatung
- Startup- und Venture-Capital-Umfeld
- Innovations- und Wirtschaftspolitik
- Technologiemanagement & -transfer

2.5.3. Kerngedanke

Die Technology S-Curve beschreibt, wie sich die Leistungsfähigkeit einer Technologie typischerweise zunächst langsam, dann dynamisch und schließlich nur noch mit abnehmenden Grenzerträgen – also überproportional großer Aufwand bei nur noch geringer Leistungssteigerung – verbessert.

2.5.4. Beschreibung

Das Konzept der Technology S-Curve beschreibt technologische Entwicklung als nicht-linearen Leistungsfortschritt. Es adressiert die Frage, warum Technologien in frühen Phasen trotz hoher Unsicherheit oft nur begrenzte Leistungszuwächse zeigen, später stark an Dynamik gewinnen und in reifen Phasen zunehmend an technische, ökonomische oder physikalische Grenzen stoßen. Im Unterschied zur Diffusionskurve (Kap. 3.1) beschreibt die Technology S-Curve primär die Leistungsentwicklung einer Technologie, nicht die Verbreitung im Markt.

Charakteristisch ist ein S-förmiger Verlauf zwischen Entwicklungsaufwand, Zeit oder Investitionen einerseits und technischer Leistungsfähigkeit andererseits (siehe folgende Abbildung). In der frühen Phase sind Grundlagen, Materialien, Architekturen, Anwendungen und Messgrößen noch instabil; Fortschritte entstehen langsam und experimentell. In der Wachstumsphase führen Lernprozesse, Spezialisierung, Skalierung, komplementäre Innovationen und zunehmende Erfahrung zu schnellen Leistungsverbesserungen. In der Reifephase nehmen die Grenzerträge weiterer Entwicklung ab: Zusätzliche Investitionen erzeugen nur noch begrenzte Verbesserungen, weil technische Potenziale weitgehend ausgeschöpft sind oder neue Engpässe dominieren.

Abbildung 5: *Technology S-Curve* – Phasen⁷

Das Konzept erklärt, warum etablierte Technologien trotz hoher Investitionen an Leistungsgrenzen geraten können und warum alternative Technologien zunächst unterlegen wirken (siehe folgende Abbildung), später aber neue Entwicklungspfade eröffnen. Besonders wichtig ist die Möglichkeit überlappender S-Kurven: Eine neue Technologie beginnt häufig auf niedrigerem Leistungsniveau, kann aber langfristig eine höhere Leistung erreichen und etablierte Technologien verdrängen.

7 <https://umbrex.com/resources/frameworks/strategy-frameworks/s-curve-of-industry-technology-evolution/>.

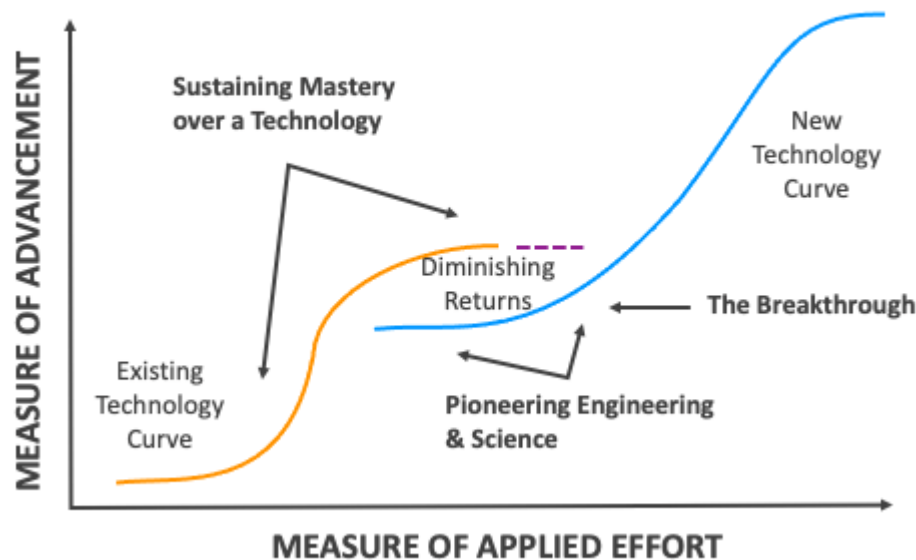


Abbildung 6: Zwei sich überlappende S-Kurven von zwei konkurrierenden Technologien⁸

Das Konzept zeigt, dass technologische Reife nicht nur durch aktuelle Leistungsfähigkeit, sondern auch durch verbleibendes Verbesserungspotenzial bestimmt wird. Gleichzeitig ist die S-Kurve kein präzises Prognoseinstrument: Leistungsmetriken, Systemgrenzen und Marktanforderungen können sich ändern, und technologische Entwicklung verläuft nicht immer glatt oder eindeutig messbar.

2.5.5. Schlüsselbegriffe

- Technologische Leistungsentwicklung
- Technologische Reife
- Technologiewechsel
- Entwicklungspfad

2.5.6. Quellen / Literatur

1. Foster, R. N. (1986), Working The S-Curve: Assessing Technological Threats, Research Management, 29(4), S. 17–20.

8 <https://www.collidu.com/presentation-s-curve>.

2. Christensen, C. M. (1992), Exploring the Limits of the Technology S-Curve. Part I: Component Technologies, Production and Operations Management, 1(4), S. 334–357.
3. Gablerlexikon (o.D.), Definition: Was ist "S-Kurven-Konzept"?, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/s-kurven-konzept-43411>.
4. <https://de.wikipedia.org/wiki/S-Kurven-Konzept>

2.6. Sailing Ship Effect

2.6.1. Alternative Bezeichnungen

- Segelschiff-Effekt
- Sailing-Ship-Effekt
- Rejuvenation of old technology
- Last-gasp innovation
- Incumbent technology response

2.6.2. Verwendungskontext

- Managementforschung
- Unternehmensberatung
- Innovations- und Wirtschaftspolitik
- Technologiemanagement & -transfer

2.6.3. Kerngedanke

Der *Sailing Ship Effect* beschreibt, wie etablierte Technologien durch den Druck neuer konkurrierender Technologien noch einmal deutliche Leistungsverbesserungen erfahren können, bevor sie verdrängt, stabilisiert oder in Nischen zurückgedrängt werden.

2.6.4. Beschreibung

Das Konzept des Sailing Ship Effect adressiert eine besondere Reaktion etablierter Technologien auf Substitutionsdruck und kann als Teil oder Spezialfall der *Technology-S Curve* gesehen werden. Ausgangspunkt ist die Beobachtung, dass eine neue Technologie nicht immer sofort zur Ablösung der bestehenden Technologie führt. Stattdessen kann die Bedrohung durch eine neue Lösung Innovationsaktivitäten bei der alten Technologie auslösen oder beschleunigen. Der Begriff verweist auf die historische Konkurrenz zwischen Segel- und Dampfschiffen. Gerade unter dem

Druck der Dampfschiffahrt wurden Segelschiffe im 19. Jahrhundert nochmals erheblich verbessert und konnten so eine gewisse Zeit in den Leistungsparametern mit Dampfschiffen mithalten.

Charakteristisch ist die Leistungssteigerung einer etablierten Technologie in einer Phase, in der sie bereits als bedroht gilt (siehe folgende Abbildung). Solche Verbesserungen können technische Optimierungen, Kostensenkungen, Spezialisierung, neue Materialien, Prozessverbesserungen oder eine stärkere Ausrichtung auf verbleibende Anwendungsnischen umfassen. Der Effekt deutet an, dass die alte, dominant erscheinende Technologie dauerhaft überlegen bleibt. Häufig verzögert er technologische Substitution, verschiebt Marktanteile oder stabilisiert spezifische Einsatzbereiche, ohne den langfristigen Technologiewechsel grundsätzlich aufzuhalten.

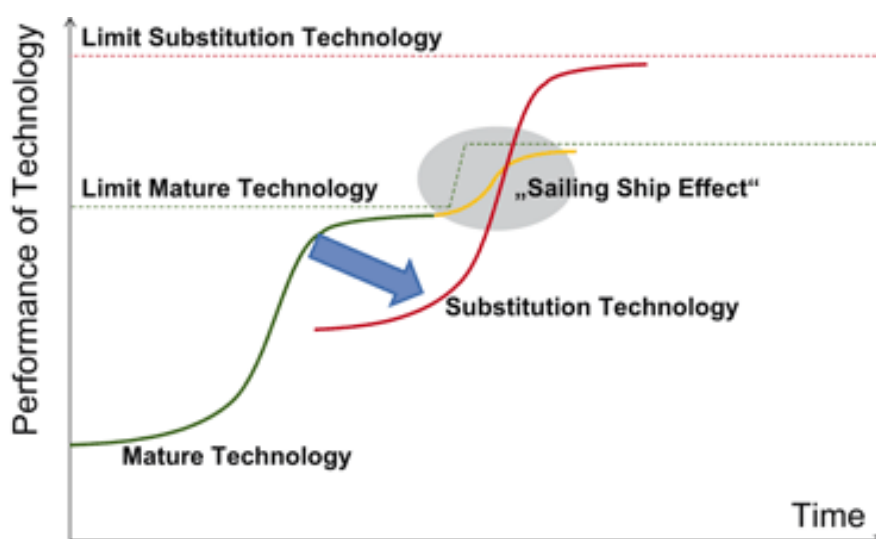


Abbildung 7: Sailing Ship Effect (gelbe Linie)⁹

Mit dem Konzept lassen sich Dynamiken technologischer Konkurrenz differenzierter verstehen. Neue Technologien treffen nicht auf passive Vorgänger, sondern auf bestehende Akteure, Kompetenzen, Infrastrukturen und Investitionen. Etablierte Marktakteure können Bedrohungen durch beschleunigte Verbesserung, Repositionierung oder Effizienzsteigerung beantworten. Dadurch entstehen Übergangsphasen, in denen alte und neue Technologien parallel weiterentwickelt werden.

Der Sailing Ship Effect ist zugleich vorsichtig zu verwenden. Die empirische Forschung weist darauf hin, dass nicht jede späte Verbesserung einer alten Technologie tatsächlich eine gezielte Reaktion auf eine neue Technologie ist. Für die Analyse technologischer Transformationen bleibt der Effekt dennoch hilfreich, weil er auf organisationales Verhalten wie Reaktionsfähigkeit, Trägheit, Substitutionsdruck und zeitliche Verzögerung hindeutet.

9 Weis, B. (2015). Innovation. In: From Idea to Innovation. Management for Professionals. Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-642-54171-1_3.

2.6.5. Schlüsselbegriffe

- Technologische Substitution
- Incumbent Response
- Leistungsverbesserung
- Technologischer Wettbewerb
- Übergangsphase

2.6.6. Quellen / Literatur

1. De Liso, N., Arima, S., Filatrella, G. (2021), The “sailing-ship effect” as a technological principle, *Industrial and Corporate Change*, 30(6), S. 1459–1478.
2. Howells, J. (2002), The Response of Old Technology Incumbents to Technological Competition: Does the Sailing Ship Effect Exist?, *Journal of Management Studies*, 39(7), S. 887–906.
3. Sick, N., Nienaber, A. M., Liesenkötter, B., vom Stein, N., Schewe, G., & Leker, J. (2016), The legend about sailing ship effects–Is it true or false? The example of cleaner propulsion technologies diffusion in the automotive industry, *Journal of Cleaner Production*, 137, S. 405-413.

2.7. Standard-Setting und Dominantes Design

2.7.1. Alternative Bezeichnungen

- Standardisierung und dominantes Design
- Dominant Design
- De-facto-Standard
- Technologischer Standard
- Standards Battle

2.7.2. Verwendungskontext

- Managementforschung
- Technologiemanagement & -transfer

2.7.3. Kerngedanke

Standard-Setting und dominantes Design beschreiben, wie sich in unsicheren Technologiephasen bestimmte technische Lösungen, Architekturen oder Schnittstellen durchsetzen und dadurch Wettbewerb, Kompatibilität, Investitionen und weitere Innovation strukturieren.

2.7.4. Beschreibung

Das Konzept adressiert die Frage, wie in frühen Technologie- und Marktphasen aus konkurrierenden technischen Varianten eine weithin akzeptierte Lösung entsteht. Solange keine gemeinsame Architektur, Schnittstelle oder Produktlogik etabliert ist, konkurrieren Unternehmen, Nutzergruppen, Plattformen und Institutionen um technische Deutungsmacht, Kompatibilität und Marktakzeptanz. Standard-Setting beschreibt diesen Prozess der Festlegung oder Durchsetzung gemeinsamer technischer Regeln, welche direkt die Kundenerwartung formen. Ein dominantes Design bezeichnet die technische Konfiguration, die sich in einer Produkt- oder Technologiekategorie als Referenzlösung etabliert.

Standards können formal durch Standardisierungsorganisationen, Konsortien oder staatliche Vorgaben entstehen. Sie können sich aber auch informell als De-facto-Standards durch Marktakzeptanz, Netzwerkeffekte, installierte Nutzerbasis, komplementäre Produkte oder strategische Allianzen herausbilden. Ein dominantes Design ist dabei nicht zwingend technisch überlegen. Es setzt sich häufig durch, weil es ausreichende Leistungsfähigkeit mit Kompatibilität, Skalierbarkeit, Herstellerunterstützung, Nutzerakzeptanz und Anschlussfähigkeit an bestehende Wertschöpfungsstrukturen verbindet.

Die Erklärungskraft des Konzeptes liegt darin, warum technologische Konkurrenz nicht allein über technische Leistung entschieden wird. Relevant sind auch Timing, Zugang zu komplementären Ressourcen, Plattformstrategien, Schutzrechte, Kooperationsfähigkeit, Regulierung und die Fähigkeit, ein Ökosystem¹⁰ um eine Lösung herum aufzubauen. Sobald sich ein Standard oder dominantes Design stabilisiert, sinkt Unsicherheit; Investitionen, Prozessinnovationen, Skalierung und komplementäre Innovationen werden erleichtert. Gleichzeitig können Pfadabhängigkeiten, Lock-in-Effekte und Markteintrittsbarrieren entstehen. Oft verwendete Beispiele sind die Durchsetzung der QWERTZ-Tastatur gegenüber anderen Tastenanordnungen und der Kampf um den Videokassettenstandard Betamax gegen VHS.¹¹

Das Konzept ist eng mit dem Technologielebenszyklus (Kap. 2.3) verbunden, kann aber eigenständig betrachtet werden. Während der Technologielebenszyklus den Wandel von Innovationsmustern über Phasen hinweg beschreibt, fokussiert dieses Konzept den zugrunde liegenden

10 „Ein **Ecosystem** im wirtschaftlichen Sinn beschreibt einen Verbund von Unternehmen (typischerweise drei bis ca. zehn), die durch einen Orchestrator auf eine gemeinsame Wertschöpfung ausgerichtet wird. Dabei übersteigt die Leistung des gesamten Ecosystems aus Sicht der Kunden die Summe der Einzelbeiträge aller Beteiligten.“ (https://de.wikipedia.org/wiki/Business_Ecosystem).

11 Van de Kaa, G. (2022), Strategies for the emergence of a dominant design for heat storage systems, Technology Analysis & Strategic Management, 34(1), 58–70, <https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1884851>.

Mechanismus, durch den bestimmte technische Lösungen zum Standard und damit zur Grundlage weiterer Entwicklung werden.

2.7.5. Schlüsselbegriffe

- De-facto-Standard
- Standardisierung
- Normung
- Kompatibilität
- Netzwerkeffekte
- Lock-in

2.7.6. Quellen / Literatur

1. Utterback, J. M.; Abernathy, W. J. (1975), A Dynamic Model of Process and Product Innovation, *Omega*, 3(6), S. 639–656.
2. Abernathy, W. J.; Utterback, J. M. (1978), Patterns of Industrial Innovation, *Technology Review*, 80(7), S. 40–47.
3. Anderson, P.; Tushman, M. L. (1990), Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change, *Administrative Science Quarterly*, 35(4), S. 604–633.
4. David, P. A.; Greenstein, S. (1990), The Economics of Compatibility Standards: An Introduction to Recent Research, *Economics of Innovation and New Technology*, 1(1–2), S. 3–41.
5. Suarez, F. F. (2004), Battles for Technological Dominance: An Integrative Framework, *Research Policy*, 33(2), S. 271–286.

2.8. Lock-in Effekte und Wechselkosten

2.8.1. Alternative Bezeichnungen

- Lock-ins
- Switching Costs
- Kundenbindung

- Wechselbarrieren
- Pfadabhängigkeit

2.8.2. Verwendungskontext

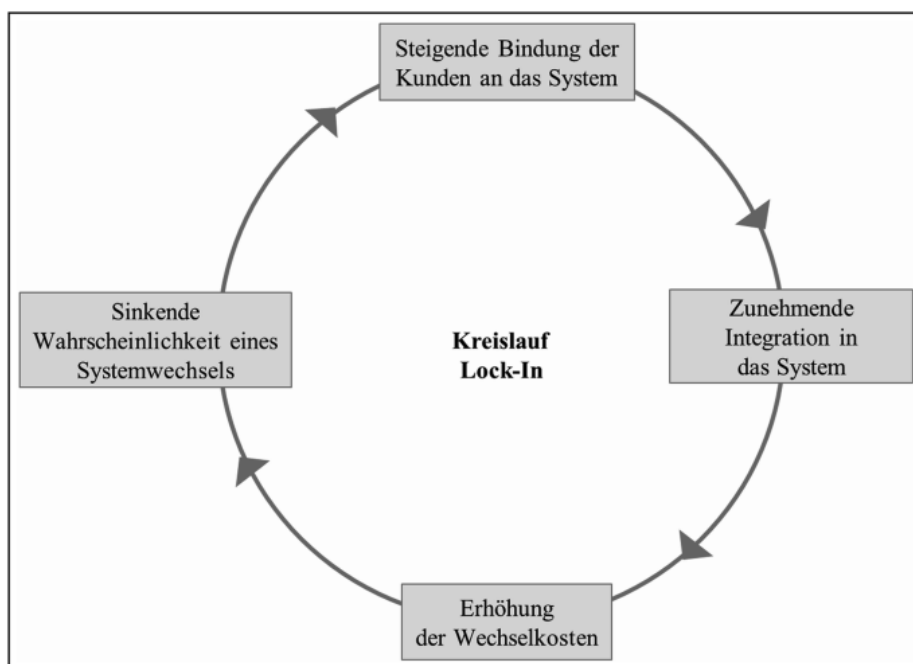
- Managementforschung
- Startup- und Venture-Capital-Umfeld
- Unternehmensberatung
- Innovations- und Wirtschaftspolitik

2.8.3. Kerngedanke

Bindungseffekte (engl. Lock-in) und Wechselkosten (engl. Switching Costs) beschreiben, wie Technologie-, Anbieter- oder Systementscheidungen spätere Wechsel erschweren und dadurch Nutzer, Organisationen oder ganze Märkte an bestimmte Lösungen binden.

2.8.4. Beschreibung

Das Konzept adressiert die Frage, warum Technologien, Plattformen oder Anbieter auch dann stabil bleiben können, wenn alternative Lösungen verfügbar oder technisch überlegen erscheinen. Switching Costs bezeichnen die Kosten, Risiken und Aufwände, die beim Wechsel von einer bestehenden Lösung zu einer Alternative entstehen. Lock-in Effekte beschreibt den daraus entstehenden Bindungseffekt: Akteure bleiben bei einer Technologie, einem System oder Anbieter, weil der Wechsel wirtschaftlich, organisatorisch, technisch oder sozial aufwendig ist (siehe folgende Abbildung).

Abbildung 8: Kreislauf von Lock-In-Effekten und steigenden Wechselkosten¹²

Switching Costs können sehr unterschiedliche Formen annehmen. Dazu zählen direkte finanzielle Kosten, Vertragsbindungen, Datenmigration, technische Kompatibilitätsprobleme, Lernaufwand, Prozessanpassungen, Verlust von Routinen, Unsicherheit über Alternativen oder Abhängigkeiten von komplementären Produkten und Dienstleistungen. Darüber hinaus können Wechselkosten durch spezifische Infrastrukturen, eingespieltes organisatorisches und technisches Know-how sowie den Aufbau von Kompetenzen und Betriebsprozessen entstehen. In digitalen und technologieintensiven Märkten werden diese Effekte häufig durch Netzwerkeffekte, proprietäre Schnittstellen, Datenbestände, Plattformökosysteme und installierte Nutzerbasen verstärkt. Auch Fragen der technologischen und organisatorischen Souveränität spielen eine Rolle, wenn der Wechsel zu alternativen Lösungen die Kontrolle über kritische Ressourcen, Fähigkeiten oder strategische Handlungsspielräume beeinflusst.

Mit dem Konzept lässt sich erklären, warum frühe Entscheidungen langfristige Pfade prägen. Lock-in kann Effizienz schaffen, weil Standards, Routinen und Kompatibilität Stabilität erzeugen. Gleichzeitig können Lock-In Effekte Innovations- und Wettbewerbsdynamik begrenzen, wenn Nutzer oder Organisationen in technisch überholten, teuren oder schwer integrierbaren Systemen verbleiben. Für Anbieter kann die Gestaltung von Wechselkosten Teil der Wettbewerbsstrategie sein; für Nutzer und öffentliche Akteure stellt sich die Frage, wie Abhängigkeiten, Interoperabilität, Datenportabilität und Exit-Optionen bewertet werden.

12 Clement, R., Schreiber, D., Bossauer, P., Pakusch, C. (2019). Winner-takes-it-all-Phänomen. In: Internet-Ökonomie. Springer Gabler, https://doi.org/10.1007/978-3-662-59829-0_9.

Das Konzept ist besonders relevant für Plattformstrategien, Beschaffung, Standardisierung, Technologiewechsel und Transformationsprozesse. Es macht sichtbar, dass Technologieentscheidungen nicht nur nach aktueller Leistungsfähigkeit bewertet werden, sondern auch nach zukünftiger Wechselbarkeit, Integrationsfähigkeit und strategischer Unabhängigkeit.

2.8.5. Schlüsselbegriffe

- Wechselkosten
- Anbieterbindung
- Pfadabhängigkeit
- Netzwerkeffekte
- Interoperabilität

2.8.6. Quellen / Literatur

1. Klemperer, P. (1987), Markets with Consumer Switching Costs, *Quarterly Journal of Economics*, 102(2), S. 375–394.
2. Arthur, W. B. (1989), Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events, *Economic Journal*, 99(394), S. 116–131.
3. David, P. A. (1985), Clio and the Economics of QWERTY, *American Economic Review*, 75(2), S. 332–337.
4. Shapiro, C.; Varian, H. R. (1999), *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy*, Harvard Business School Press.
5. Farrell, J.; Klemperer, P. (2007), Coordination and Lock-In: Competition with Switching Costs and Network Effects, in: Armstrong, M.; Porter, R. H. (Hrsg.), *Handbook of Industrial Organization*, Vol. 3, Elsevier, S. 1967–2072.

3. Adoptions- und Diffusionsperspektive

3.1. Innovationsdiffusion (Technology Adoption Curve)

3.1.1. Alternative Bezeichnungen

- Diffusionstheorie
- Diffusion of Innovation Theory
- Adoption and Diffusion of Innovations

- Change adoption curve

3.1.2. Verwendungskontext

- Managementforschung
- Startup- und Venture-Capital-Umfeld
- Unternehmensberatung
- Innovations- und Wirtschaftspolitik
- Technologiemanagement & -transfer

3.1.3. Kerngedanke

Innovationsdiffusion beschreibt, wie sich neue Ideen, Technologien, Produkte oder Praktiken über Zeit in sozialen Systemen verbreiten und warum verschiedene Akteure Innovationen unterschiedlich früh übernehmen.

3.1.4. Beschreibung

Das Konzept der Innovationsdiffusion erklärt die Verbreitung von Innovationen als sozialen und zeitlichen Prozess. Es nimmt nicht die technische Entstehung einer Innovation in den Fokus, sondern ihre Übernahme durch Individuen, Organisationen, Märkte oder gesellschaftliche Gruppen. Ausgangspunkt ist die Frage, warum manche Innovationen schnell breite Akzeptanz finden, während andere trotz technischer Leistungsfähigkeit nur langsam, selektiv oder gar nicht übernommen werden.

Zentrale Elemente sind die Innovation selbst, Kommunikationskanäle, Zeit und das soziale System, in dem die Verbreitung stattfindet. Die Übernahme hängt unter anderem davon ab, ob eine Innovation als vorteilhaft, kompatibel mit bestehenden Routinen, verständlich, prüfbar und beobachtbar wahrgenommen wird. Diffusion entsteht damit nicht allein durch objektive technische Qualität, sondern durch Wahrnehmungen, Netzwerke, Erfahrungen, soziale Normen und institutionelle Rahmenbedingungen.

Besonders bekannt ist die Unterscheidung von Adopter-Kategorien: Innovators, Early Adopters, Early Majority, Late Majority und Laggards. Diese Gruppen unterscheiden sich in Risikobereitschaft, Informationszugang, sozialer Position, Ressourcen und Entscheidungsverhalten. Dadurch verlaufen Diffusionsprozesse häufig nicht gleichmäßig, sondern in Wellen: frühe Übernahmen erzeugen Erfahrungen, Referenzen und Legitimität, die spätere Nutzergruppen beeinflussen können.

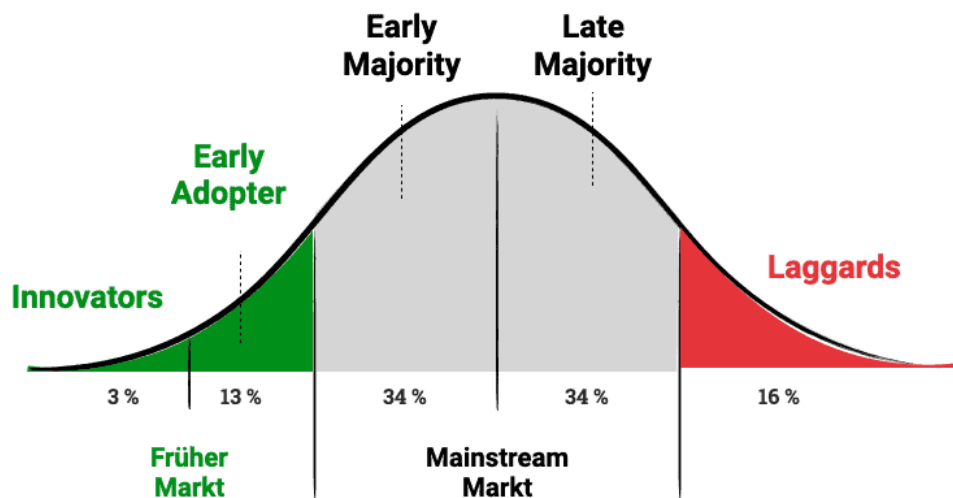


Abbildung 9: Die *Technology Adoption Curve* nach Rogers (2003) vor allem bei Endkosumentenmärkten¹³

Das Konzept eröffnet einen Zugang zu Fragen der Markteinführung, Skalierung, Technologieakzeptanz, Transferpolitik und organisatorischen Veränderung. Es macht sichtbar, dass der Erfolg einer Innovation nicht nur von Entwicklung und Leistungsfähigkeit abhängt, sondern auch von Kommunikation, Vertrauen, Anschlussfähigkeit und der Struktur des jeweiligen Nutzungssystems. In technologieintensiven Feldern ist die Diffusionsperspektive besonders hilfreich, um die Lücke zwischen verfügbarer Lösung und tatsächlicher Verbreitung analytisch zu erfassen.

3.1.5. Schlüsselbegriffe

- Adoption
- Adopter-Kategorien
- Kommunikationskanäle
- Soziales System
- Innovationsverbreitung

3.1.6. Quellen / Literatur

1. Rogers, E. M. (2003), *Diffusion of Innovations*, 5. Aufl., New York: Free Press.

13 <https://digitaleneuordnung.de/blog/technology-adoption-curve>.

2. MacVaugh, J., & Schiavone, F. (2010), Limits to the diffusion of innovation: A literature review and integrative model, European journal of innovation management, 13(2), S. 197-221.
3. García-Avilés, J. A. (2020), Diffusion of innovation, The international Encyclopedia of media psychology, 1(8), 1-8.
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion_of_innovations.

3.2. Crossing the Chasm

3.2.1. Alternative Bezeichnungen

- Chasm-Modell
- Adoption Gap
- Kluft zwischen Early Market und Mainstream Market
- High-Tech-Marktdiffusion
- Technology Adoption Life Cycle

3.2.2. Verwendungskontext

- Startup- und Venture-Capital-Umfeld
- Unternehmensberatung
- Technologiemanagement & -transfer

3.2.3. Kerngedanke

Crossing the Chasm beschreibt überwiegend aus Marketing-Sicht die kritische Übergangslücke zwischen frühen technologieaffinen Anwendern und dem breiten Mainstream-Markt, an der viele technologieorientierte Innovationen trotz erster Erfolge scheitern.

3.2.4. Beschreibung

Das Konzept erweitert die Innovationsdiffusions-Perspektive. Es geht davon aus, dass der Übergang von Early Adopters zur Early Majority kein kontinuierlicher Diffusionsprozess ist, sondern eine strukturelle Kluft aufweist (siehe Abbildung). Frühe Anwender akzeptieren unausgereifte Lösungen eher, weil sie technologische Vorteile, Neuheit oder strategische Differenzierung suchen. Mainstream-Kunden erwarten dagegen belastbare Referenzen, geringe Risiken, klare Nutzenversprechen, Support, Kompatibilität und eine vollständige Lösung.

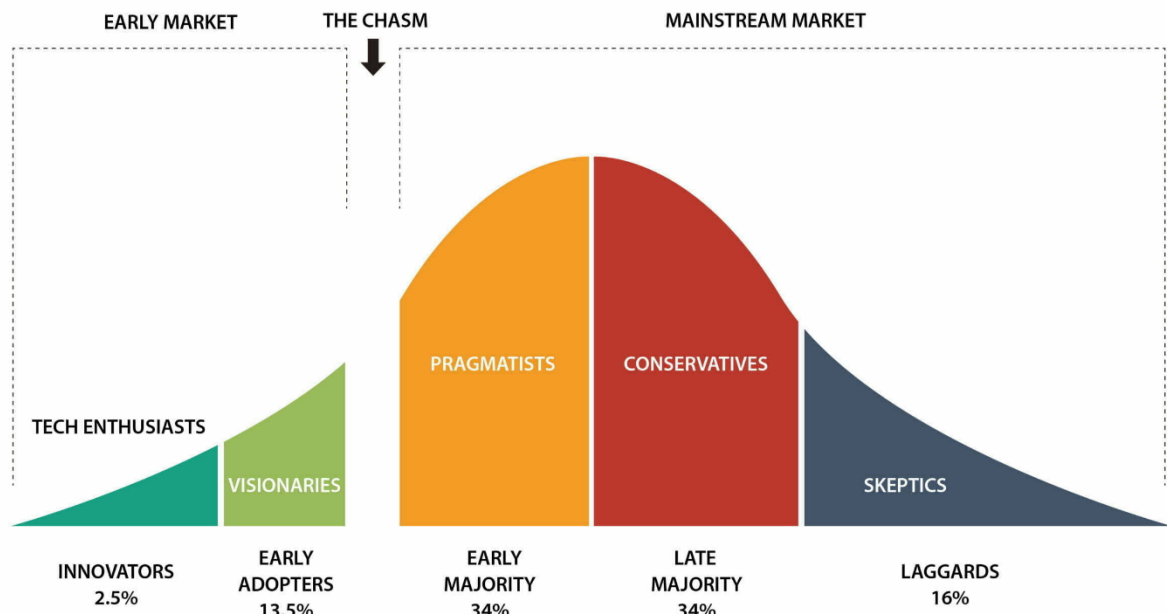


Abbildung 10: Die Kluft (the Chasm) am Übergang vom Nischenmarkt zum Massenmarkt¹⁴

Die zentrale Aussage lautet, dass Markterfolg nicht automatisch durch frühe Begeisterung entsteht. Technologieanbieter müssen den Eintritt in den Mainstream gezielt vorbereiten, häufig über fokussierte Zielsegmente, konkrete Anwendungsfälle, Referenzkunden und ein ausgereiftes Leistungsangebot. Das Konzept erklärt, warum Startups und neue Technologien nach ersten Pilotkunden oder Nischenanwendern stagnieren können.

3.2.5. Schlüsselbegriffe

- Early Adopters
- Early Majority
- Mainstream Market
- Go-to-Market
- Skalierung

14 <https://omniplelearning.com/insights/blog/technology-adoption-curve-stages/>.

3.2.6. Quellen / Literatur

1. Moore, G. A. (1991), Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customers, HarperBusiness.
2. Rogers, E. M. (2003), Diffusion of Innovations, 5. Aufl., New York: Free Press.
3. Moore, G. A. (1995), Inside the Tornado: Marketing Strategies from Silicon Valley's Cutting Edge, HarperBusiness.

3.3. Technology Acceptance Model

3.3.1. Alternative Bezeichnungen

- TAM
- Technology Acceptance

3.3.2. Verwendungskontext

- Managementforschung
- Unternehmensberatung
- Innovations- und Wirtschaftspolitik
- Technologiemanagement & -transfer

3.3.3. Kerngedanke

Das Technology Acceptance Model (TAM) erklärt die Nutzung neuer Technologien vor allem über wahrgenommenen Nutzen, wahrgenommene Bedienbarkeit und daraus entstehende Nutzungsabsichten.

3.3.4. Beschreibung

Das Technology Acceptance Model beschreibt, warum Individuen Informationssysteme, digitale Anwendungen oder technische Lösungen akzeptieren und nutzen. Der Ansatz richtet den Blick nicht auf technische Leistungsfähigkeit allein, sondern auf die Wahrnehmung der potenziellen Nutzer. Entscheidend ist, ob eine Technologie als hilfreich für die eigene Aufgabe und als hinreichend leicht nutzbar eingeschätzt wird.

Die klassische Grundlogik beruht auf zwei zentralen Konstrukten (siehe Abbildung): Wahrgenommener Nutzen beschreibt, ob Anwender erwarten, dass eine Technologie ihre Leistung, Effizienz oder Problemlösung verbessert. Wahrgenommene Bedienbarkeit erfasst, ob die Nutzung als

verständlich, kontrollierbar und aufwandsarm erlebt wird. Beide Faktoren beeinflussen Einstellungen, Nutzungsabsichten und tatsächliche Nutzung.

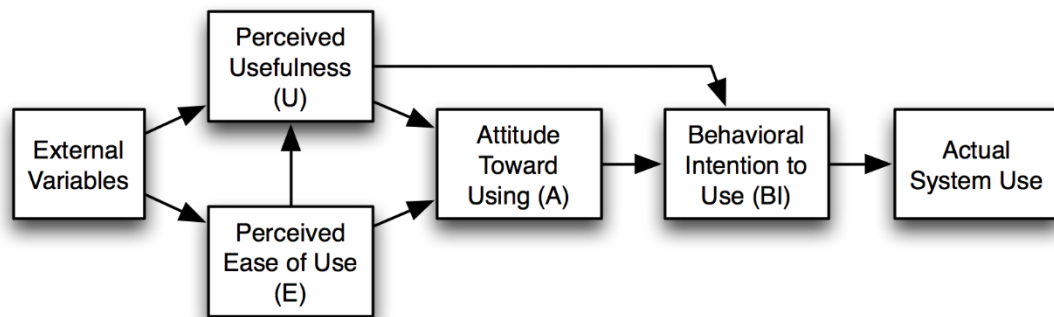


Abbildung 11: Das klassische Technology Accaptence Model¹⁵

Mehrere Weiterentwicklungen haben das Modell erweitert. TAM2 ergänzt unter anderem soziale Einflüsse und aufgabenbezogene Bewertungsprozesse. UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) führt verschiedene Akzeptanzmodelle zusammen und betont Leistungserwartung, Aufwandserwartung, sozialen Einfluss und unterstützende Rahmenbedingungen. UTAUT2 überträgt diese Logik stärker auf Konsum- und Nutzungskontexte und ergänzt etwa hedonische Motivation, Preis-Leistungs-Wahrnehmung und Gewohnheit.

Das Konzept adressiert vor allem Akzeptanzprobleme bei digitalen Technologien und Software-Anwendungen, nimmt für sich jedoch in Anspruch den Umgang mit „Technologien“ zu beschreiben, was u. a. zu vielfältiger Kritik am Modell führte. Dennoch zeigt es, dass erfolgreiche Einführung nicht nur von Funktionalität abhängt, sondern von wahrgenommenem Nutzen, Bedienbarkeit, sozialem Umfeld, organisatorischer Unterstützung und Einbettung in konkrete Arbeits- oder Nutzungssituationen.

3.3.5. Schlüsselbegriffe

- Perceived Usefulness
- Perceived Ease of Use
- Behavioral Intention
- Social Influence
- Facilitating Conditions

15 https://en.wikipedia.org/wiki/Technology_acceptance_model.

3.3.6. Quellen / Literatur

1. Davis, F. D. (1989), Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology, *MIS Quarterly*, 13(3), S. 319–340.
2. Venkatesh, V.; Davis, F. D. (2000), A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies, *Management Science*, 46(2), S. 186–204.
3. Williams, M. D., Rana, N. P., & Dwivedi, Y. K. (2015), The unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT): A literature review, *Journal of enterprise information management*, 28(3), S. 443–488.
4. Marangunić, N.; Granić, A. (2015), Technology Acceptance Model: A Literature Review from 1986 to 2013, *Universal Access in the Information Society*, 14(1), S. 81–95.

3.4. Gartner Hype Cycle

3.4.1. Alternative Bezeichnungen

- Hype Cycle
- Gartner-Hype-Zyklus
- Erwartungszyklus neuer Technologien
- Technology Hype Cycle

3.4.2. Verwendungskontext

- Unternehmensberatung
- Technologiemanagement & -transfer

3.4.3. Kerngedanke

Der Gartner Hype Cycle beschreibt, wie öffentliche Erwartungen an neue Technologien typischerweise von früher Überhöhung über Enttäuschung zu realistischeren Anwendungen und produktiver Nutzung verlaufen.

3.4.4. Beschreibung

Der Gartner Hype Cycle ist ein praxisorientiertes Modell zur Einordnung neuer Technologien entlang ihrer Erwartungsdynamik. Es wurde von dem Technologieberatungsunternehmen Gartner geprägt und wurde erstmals 1995 in einem Gartner Research Note veröffentlicht. Der Ansatz adressiert die Beobachtung, dass neue Technologien häufig zunächst stark überhöhte

Erwartungen auslösen, bevor ihre Grenzen, Implementierungsprobleme und realistischen Einsatzmöglichkeiten sichtbar werden.

Charakteristisch sind fünf Phasen: Innovation Trigger, Peak of Inflated Expectations, Trough of Disillusionment, Slope of Enlightenment und Plateau of Productivity (siehe Abbildung). In der frühen Phase erzeugen technische Durchbrüche, Prototypen oder mediale Aufmerksamkeit hohe Erwartungen, obwohl Produkte, Standards oder tragfähige Geschäftsmodelle oft noch unreif sind. Nach ersten Fehlschlägen, Verzögerungen oder enttäuschenden Implementierungen sinkt die Aufmerksamkeit. Später stabilisiert sich die Einschätzung, wenn belastbare Anwendungen, Anbieter, Erfahrungswerte und Nutzungsmuster entstehen.

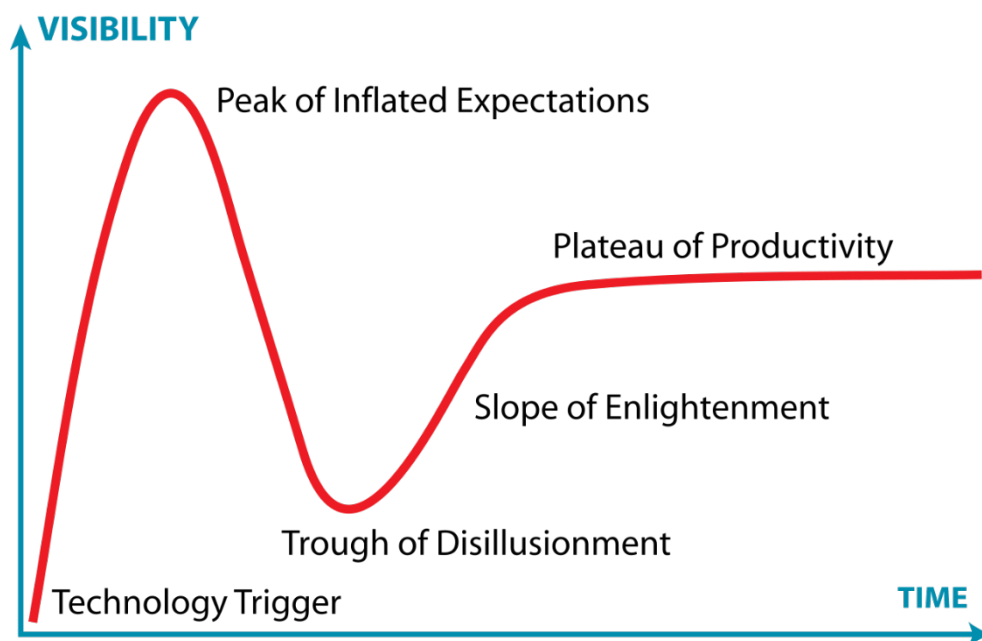
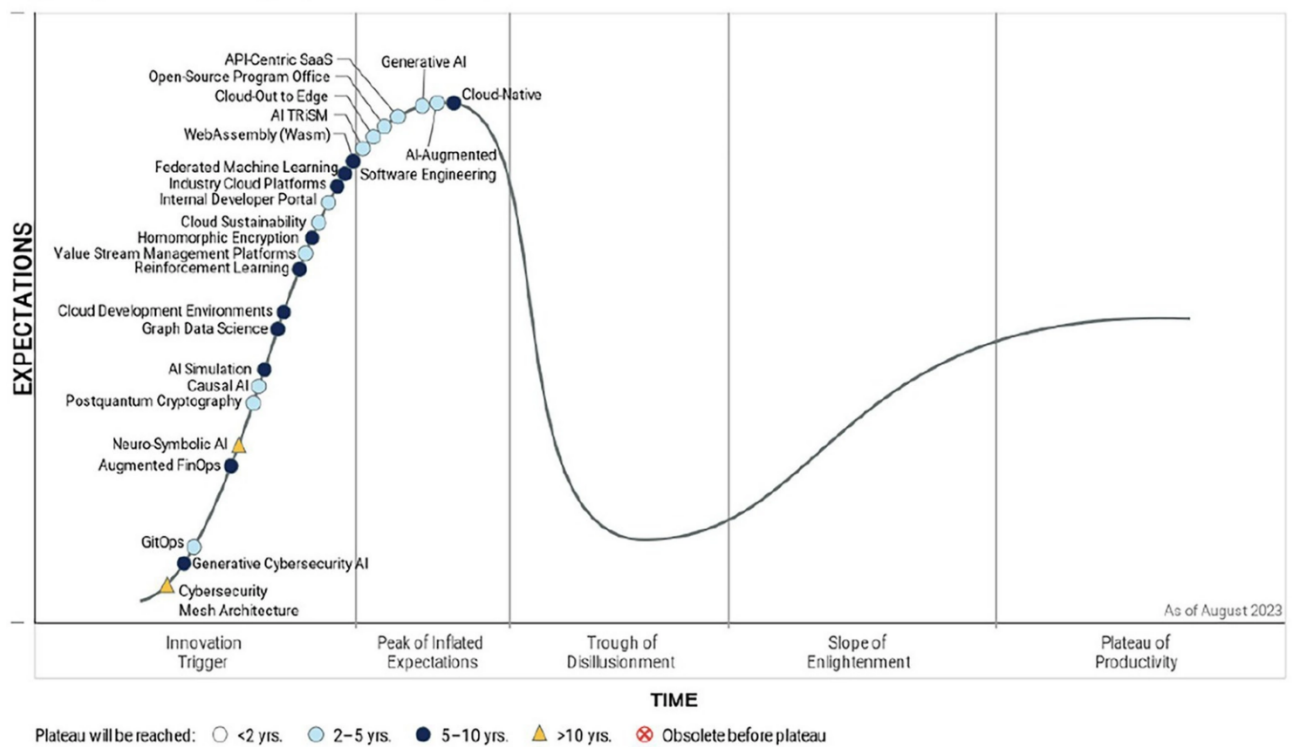


Abbildung 12: Phasen des Gartner Hype Cycles¹⁶

Der Hype Cycle beschreibt nicht die technische Leistungsfähigkeit einer Technologie und auch nicht ihre Marktdiffusion im engeren Sinne. Er macht vielmehr sichtbar, wie Erwartungen, Aufmerksamkeit und Investitionsbereitschaft um neue Technologien schwanken können. Dadurch ergänzt er Konzepte wie Technology S-Curve, Diffusion of Innovations und Technology Readiness Levels. Jedes Jahr veröffentlichte das Beratungsunternehmen Gartner verschiedene Hype Cycles zu bestimmten Technologiefeldern und ordnet diese Technologien auf der Kurve ein (siehe Abbildung):

16 https://en.wikipedia.org/wiki/Gartner_hype_cycle.



Gartner.

Abbildung 13: Hype Cycle for Emerging Tech 2023¹⁷

Seine Grenzen liegen in der starken Vereinfachung: Nicht jede Technologie durchläuft alle Phasen, Zeitachsen sind schwer vergleichbar, und die Positionierung einzelner Technologien beruht häufig auf Experteneinschätzungen.

3.4.5. Schlüsselbegriffe

- Erwartungsdynamik
- Hype
- Enttäuschungsphase
- Produktive Nutzung
- Technologiebeobachtung

17 <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/educ.2023.1300391/full>.

3.4.6. Quellen / Literatur

1. Fenn, J.; Raskino, M. (2008), Mastering the Hype Cycle: How to Choose the Right Innovation at the Right Time, Harvard Business Press.
2. Dedehayir, O.; Steinert, M. (2016), The Hype Cycle Model: A Review and Future Directions, Technological Forecasting and Social Change, 108, S. 28–41.
3. Bresciani, S., & Eppler, M. J. (2010), Gartner's magic quadrant and hype cycle, Institute of Marketing and Communication Management (IMCA), Università della Svizzera italiana, Faculty of Communication Sciences, Case, 2(19), S. 1-18.
4. <https://www.gartner.de/de/artikel/hype-cycle-fuer-neue-technologien>.
5. <https://de.wikipedia.org/wiki/Hype-Zyklus>.
